

農學研究

第二十六卷

稻熱病に對する稻の耐病罹病に關する考察

農學博士

西門義

ICIO五

松本弘義

目次

一、緒言

二、肥料要素の配合量と稻の稻熱病罹病性との關係

三、窒素肥料を備用せる稻の稻熱病に罹り易き理由に就きての業績

四、實驗の方法並に經過

五、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の水素イオン濃度との關係

六、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の浸透壓との關係
稻熱病に對する稻の耐病罹病に關する考察

七、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の比電氣傳導度との關係

八、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の比電氣傳導度と氷點降下との比率との關係

九、論議

一〇、摘要

一一、引用文獻

一、緒言

近時我國に於ける稻熱病に關する研究は主として農林省當局の獎勵によりて多數の研究者によつて遂行せられ理論的にも實際的にも極めて目醒ましい進境を示した。昨年東北地方を見舞つた所謂冷害も實際には稻熱病の被害であつた處が極めて多く稻熱病防除を合理的に施行した處では平年作に近い收穫を收め得た事實がある(ト藏二三四)。是は稻熱病防除に關する研究の進展を如實に示したのと言ひ得る。

稻熱病防除に就いては其地方に適した抵抗の強大な稻品種を選択栽培し、肥料要素の配合及施用量を合理的にし、一次發生の源を絶ち更らに栽培管理の改善及藥劑撒布の施行が肝要事とされて居る。就中最も注意すべき事項は肥料要素の配合並に施用量の合理化である。而して窒素肥料を偏用若しくは過用した稻が然らざる物よりも稻熱病に罹り易いといふ事實は既に判然したところである。けれども斯かる稻は如何なる形態學的或は細胞學的性質を有するか、又その細胞の性状は如何であるかといふ事項に就いて報告された物は未だ多くはない。

著者は數年來肥料要素の配合分量を種々異にした稻特に窒素燐酸及加里の肥料要素を偏用した稻葉の細胞汁液に就きその水素イオン濃度、滲透壓、電氣傳導度の如き二三理化學的性質の測定を試みて此等の性質と稻の稻熱病に對する耐病能力との關係に就きて研究して來た。其結果は尙不備の點も少くないが一先づ之を公にし江湖の叱正と垂教を仰ぎたいと思ふ。

本實驗の遂行に當り大杉繁博士、板野新夫博士の助言を得、三宅忠一氏及山内己酉氏の助力を受けた。記して其好意

を感謝する。

本報文は昭和一〇年七月八一〇日岡山市で開催の大原農業研究所第三回農業講習會に於ける講演の原稿である。

二、肥料要素の配合量と稻の稻熱病罹病性との關係

肥料要素の配合量と稻の稻熱病罹病性との關係に就きての報文で先づ掲ぐべきは堀正太郎博士(二八九)の報告で、氏は多くの實例に就きて窒素質肥料の過用が稻熱病發生の最大の誘因である事を發表した。其後間もなく川上瀧彌氏(二九〇)も稻熱病に關する研究を行ひ大豆粕の施用の多きに從ひ稻熱病發生も増大する旨を報告した。

ト藏梅之亟氏(二九四)は本病發生の誘因として速効性肥料を多用し稻を軟弱に生育せしめる事、綠肥及大豆粕の様な有機質肥料を多く施した物でその分解の爲めに生ずる有機酸の爲めに稻根の作用が妨げられ或は醗酵の際に生ずるメタン瓦斯及炭酸ガスにより生理的機能が害せらるゝ事を擧げて居る。

本著者の一人(西門二九六)も砂土、壤土及粘土質の水田に於て窒素肥料特に紫雲英を施用した際の稻熱病罹病の程度並に之が豫防の方法を試験した。四分の一坪の木框に對して反當窒素四貫目、燐酸三貫目、加里三貫目の割合で紫雲英、硫酸、過燐酸石灰及木灰を施用した。比較區では紫雲英を施さず硫酸のみで窒素を施用した。今其發生の多かつた大正九年及大正十一年の砂土に於ける稻熱病被害比率(推定收穫皆無稈數を調査總稈數で除し一〇〇を乗じた數)の一例を掲げると次の様で、窒素肥料特に紫雲英施用區が無肥料區に比して稻熱病發生の著しく多い事を明示して居る。

大正九年 大正十一年

(一) 無肥料區

〇・八

五・〇

(三) 紫雲英施用追肥硫酸二三・〇瓦加用區

六・一

一四・七

(二) 紫雲英施用排水區

六九・〇

三三・五

(四) "

追肥過燐酸一五・六瓦加用區 二九・六

一五・五

稻熱病に對する稻の耐病罹病に關する考察

宮崎勝雄(△△△氏は稻の稻熱病に對する抵抗性に及ぼす肥料三要素の影響に就きての研究を公にした。氏は三角圖示法によつて三要素の配合量を異にした種々の培養液を以て水耕培養した稻に對して稻熱病菌の人工接種を行つた。その改良神力種に於ける肥料の比率と稻熱病感受性の大小(宮崎氏の所謂感受度)との關係に就きては第一表の如き結果を得

第一表 水稻肥料の比率と稻熱病感受度

肥料の種類				感受度
P	N	K		
1	1	8		7.46
2	2	6		8.09
3	3	4		10.30
4	4	2		12.19
8	1	1		2.87
6	2	2		12.05
4	3	3		6.67
2	4	4		18.47
1	8	1		5.89
2	6	2		12.34
3	4	3		8.93
4	2	4		9.29

て居る。即ち稻熱病の發生は窒素肥料の偏用によりて影響せらるゝ事最も大である。而して氏の計算によると發病の因子としては窒素は加里の六倍燐酸の三倍に相當する。加里肥料は増加するに従ひ病害の發生を阻止するが燐酸は二頭

曲線を畫くから豫防治病上考慮せねばならぬと云ふて居る。

第二表 肥料の比率と頸稻熱病發病率

肥料比率			一株の 病斑數	頸稻熱病 發病率
N	P	K		
2	1	1	307	96.7
1	2	1	49	33.2
1	1	2	10	33.0
1	2	2	34	60.4
1	4	4	18	52.9
2	4	1	446	88.1
2	1	4	384	93.9
2	2	2	172	72.4
2	4	4	84	98.4
0.5	1	1	6	31.4
0.5	2	1	3	15.6
0.5	1	2	5	12.4
0.5	2	2	0	5.8
0.5	4	4	5	4.9
1	1	1	21	64.8
0.5	0.5	0.5	22	19.0

三橋八次郎(△△△氏は稻熱病の發生と肥料施用量並に配合率に就いて實驗して居るが其昭和五年の圃場試驗の結果は第二表の様である。此の試験は大豆粕、過燐酸石灰、硫酸加里及び紫雲英で標準としては窒素反當約四貫、燐酸三・五貫、加里三・八貫を施したもの

である。

氏は肥料配合比率は何れの場合に於ても窒素多ければ發病増加の傾向があるが窒素は比率上多くとも其絶對量が少さい時は發病を増加する物でない。磷酸加里は比率に於ても絶對量に於ても過多であつても發病の誘因とはならぬ。磷酸加里の増施は窒素多用の場合に於てのみその弊害を助長する物であると。

栗林數衛(二三)氏は肥料要素の施用量と稻熱病の發生に就きての試験成績を公にして居る。氏が昭和四年以降四ヶ年に亘つて行つた試験の結果の概要を引用すると第三表の如くである。その試験に於ける肥料の標準用量は反當約窒素四貫、磷酸及加里三貫で硫安(二〇貫)、過磷酸石灰(二五・四貫)、硫酸加里六・四貫)を使用して居る。その窒素單用の場合に於ける施用量と被害歩合とは次の様で窒素施用量の増加に比例して罹病歩合が増加して居る。

	1/2N	1N	2N
昭和四年(昭和四年)	11.5%	25.0%	40.1%
昭和五年(昭和五年)	5.7%	12.8%	51.3%

第三表 水稻肥料の比率と頸稻熱病發病率

肥料比率			頸稻熱病發病率	
N	P	K	昭和四年 (昭和四年)	昭和五年 (昭和五年)
2	1	1	47.4	60.3
1	2	1	36.3	20.0
1	1	2	31.8	17.3
1	1	1	28.7	24.0
0.5	0.5	0.5	13.4	5.4
0.5	2	2	13.0	5.5
0.5	4	4	13.5	5.5
1	2	2	33.4	17.2
1	4	4	28.4	19.8
2	2	2	50.1	77.2
2	4	4	52.2	63.1

又三要素中の一要素のみを他の要素の二倍又は四倍加用した場合の其施用量と罹病歩合との關係は明瞭でなく少くとも窒素の用量の多い時には磷酸加里の配合量を極端に増加するも發病の減少せざる事を示した。

稻の稻熱病罹病性と肥料要素の配合量及施用量の關係に就ては此他極めて多數の試験成績があり枚舉に遑がないが、

何れも上述の試験成績と略同様の結果となつて居る。

著者も昭和九年夏更に之が實驗を試みた。即ち基本施肥量としては反當窒素二貫匁、磷酸加里各一貫匁の割で五萬分の一反小形ワグネル・ポットに硫酸、磷酸曹達及硫酸加里を施用し之に神力種の苗を植付けた。六月二六日一鉢に六株を挿秧し、硝子室内で栽培し第一回は七月一三日之を攝氏二七度内外で散光の透入する明るき地下室内に搬入し稻熱病菌（第三六四系、此系統は愛媛C系を植繼いだ物である）の接種を行ひ、其儘四日間放置し後之を日蔭に取り出し七月二日に検査した。同様にして三回反覆實驗の結果は次表の如くである。

第四表 水稻肥料要素の比率と
稻熱病罹病との關係
昭和九年 神力種（愛媛C系菌接種）

番號	肥料配合 N P K	第一回 (7月13日)	第二回 (7月17日)	第三回 (8月14日)
1	0 0 0	—	—	—
2	1 1 4	+	++	++
3	1 2 2	+	++	++
4	1 4 1	+	++	++
5	3 2 1	+++	+++	+++
6	3 1 2	++	+++	+++
7	9 1 1	+++	+++	+++

備考 供試稻品種は神力種で稻熱病菌は第364系（愛媛C系）であつた。接種に當りては散光のみの透入する地下室に移して接種後は蒸氣保留の爲め硝子箱で被ふた。第一回接種試験は昭和九年7月13日に孢子撒布を行ひ其後17日まで蒸室に保ち21日に結果を調査したものである。第二回は7月17日接種21日まで蒸室に保ち24日調査、第三回は8月14日接種18日取出し24日調査の結果である。表中一印は病斑の發生のなきを十印は其發生を示し、十印の數の多い程發生の激甚な事を示すものである。

上表の結果も從來の研究成績と同一の結果になつて居る。即ち稻の稻熱病に對する抵抗及罹病性は窒素肥料施用の影響を受ける事最も大きく窒素肥料の過用は稻熱病發生を促進する物である。而して窒素質肥料施用が過大でない時は磷酸加里を過用しても其罹病性を増さないのみならず之が施用によりて其發生を抑制する。特に加里肥料施用に於て此發生

抑制の作用は著しい物がある。

三、窒素肥料を偏用せる稻の稻熱病に罹り易き理由に就きての業績

窒素肥料を偏用すれば稻は稻熱病に罹り易く然らずば罹り難き事は上述の通りで既に明らかな事實である。又稻の組織が軟弱であれば稻熱病に罹病し易き事は一般の認むる處で、抵抗性の強大な戦捷の如き品種に比して罹病性の神力が軟弱である事とか或は無肥料の稻に比して窒素多用の稻の軟弱な事實は單に指頭の觸感によつて見ただけでも判然と判かる。又同じ品種でも柔軟な新葉とか稈の中間生長帶の部分或は關節部がその侵害を受けるに拘らず老成して強剛となつた葉とか稈の部分が侵害を受けない事も明らかな事實である。

稻の稻熱病に對する罹病の有無或は程度の差の由つて來る所以は品種の差による場合、肥培其他の環境の差による場合、或は組織の老若の差による場合等各種の場合があり其各が必ずしも同一であるとは言ひ得ない。けれども多少の關係はあるから此等に關する從來の業績を求めると次の様な物がある。

松本巍(ニヂ)氏は窒素及石灰施用の兩區に生育せしめた稻を解剖學的に比較した結果石灰施用區の稻は維管束を包む柔組織細胞膜の著しく肥厚せし由を報告して居る。

曾我慶英氏(ニヂ)氏は各種の稻品種の煎汁寒天上に於ける稻熱病菌の發育を比較し稻の汁液の成分の相違が本病に對する罹病性を左右する物であると。

三宅康次、足立仁(ニヂ)兩氏は稻熱病に弱き赤毛と強き坊主との成分の分析結果に基きて前者は砂糖、蛋白質、マグ

ネシヤ、加里、燐酸の含量多く、後者は硅酸の如き無機化合物の多かりし由を報告した。

宮崎勝雄(二五〇)氏は稻の窒素肥料偏用による稻熱病罹病性は葉の毛茸の大小、數、氣孔の大小、形狀、數等の如き外部形態或は表皮の厚さ、細胞膜の厚さの如き内部形態或は細胞學的特性に基く物にあらず、生理學的特性に基づく物であると推論した。

伊藤誠哉、栗林數衛(二五二)兩氏は肥料要素と稻の稻熱病罹病性並に其組織に及ぼす影響を比較し其表皮は窒素を多用又は單用せし場合は燐酸及加里のそれに比して薄き傾向あり、又無肥料區にては窒素區に比して著しく厚かつた。又伊藤誠哉、林彦一(二五三)氏は硅酸鹽類を稻に施用すれば稻の體組織に硅酸の含量を増加し稻熱病に對する抵抗性を増す物であると報告して居る。

此の關係に就きては鑄方末彦氏等(二五四)は無窒素區の稻は表皮の厚さ厚く窒素多用區の稻は最も薄いが其の差は極めて僅少であるから、其表皮の厚さの差が抵抗性強弱の差を決定する唯一の原因でない。稻品種の稻熱病抵抗性は寄主細胞の誘招物質の多少、細胞表皮膜の性質及稻熱病に對する寄主細胞の特異反應の遲速によりて決する物といふことが出来る。

池田實(二五三)氏は窒素肥料多用の稻はその少き物に比して硅酸含有量少量であつて、窒素肥料を與へて稻熱病に罹り易くなるのは硅酸含量の少なくなる爲であらうとして居る。

是を要するに窒素肥料の偏用又は過用が稻の稻熱病罹病性を増す理由に就いては解剖學的に生理學的に其他各種の説があるが未だ全部を説明し得ない狀態である。

四、實驗の方法並に經過

水稻汁液の理學的性狀の測定の方法に就きてはその各の項に於て説明し度いと思ふ。それで茲には單に供試水稻の栽培要項及細胞汁液採取の方法に就きて著者の供用した處を記述するに止める。

一、供試水稻の栽培要項

本實驗の豫備試驗は昭和元年に開始したのであるが本試驗は昭和三年以來の事である。

(A) 昭和三十七年の實驗 昭和三年から昭和七年までの供試稻栽培の要項は次の様である。

(一) 供試品種 神力

(二) 栽培方法 二萬分の一反に相當すべき陶製の所謂ワグネル鉢で之に川砂を充して稻を砂耕した。砂は鉢の上縁から約一〇糎位下まで容れ之に水道水を砂上約五糎に達するまで注加した。

(三) 肥料の種類及施用量 基本施用量としては窒素反當二貫匁燐酸及加里各々一貫匁とし、其基本量の二倍、四倍及八倍量を施用した。其肥料施用の組合せは Schreiner and Skinner(1910) 氏三角圖法によつた物で次の第五、六表の様である。(第五表、第六表)

(四) 挿秧の時期、方法及其後の管理 昭和三年六月二〇日挿秧、ワグネル鉢第一一四〇號は一鉢四株、第四一四五號は五株、第四六一五〇號は六株宛を植付けた(一株の苗數は四本宛)。肥料は植付當時に半量を施こし他の半量は七月一日に施用した。此等のワグネル鉢は降雨の際は硝子室内に、然らざる場合は網室内に置き稻が出来るだけ

第五表 窒素燐酸加里肥料施用割合 (昭和3—7年)

試験區別	植木鉢番號	N : P : K
1	1—5	8 : 8 : 1
2	6—10	8 : 4 : 2
3	11—15	8 : 2 : 4
4	16—20	8 : 1 : 8
5	21—25	4 : 8 : 2
6	26—30	4 : 4 : 4
7	31—35	4 : 2 : 8
8	36—40	2 : 8 : 4
9	41—45	2 : 4 : 8
10	46—50	1 : 8 : 8

N : P : K の比
(N)
 $\frac{1:8:8}{2:4:8} \quad \frac{2:8:4}{4:8:2}$
 $\frac{4:2:8}{8:2:4} \quad \frac{4:4:4}{8:4:2} \quad \frac{4:8:2}{8:8:1}$
 (P) 8:1:8 (K)

第六表 供試肥料の種類並に施用量 (昭和3—7年)

反當基本用量	種 類	基 本 量	2 倍 量	4 倍 量	8 倍 量
N ₂ 2 匁	硫酸アノモニア	1.77匁	3.54匁	7.08匁	14.16匁
P ₂ O ₅ 1 匁	磷酸豐達	0.945	1.89	3.78	7.56
K ₂ O 1 匁	硫酸加里	0.247	0.49	1.39	2.78

一様の生育をする様充分の注意を拂つた。

昭和四年は六月一五日挿秧半量施肥、植付及其後の管理は昭和三年度と同様、肥料の半量は七月一二日施用。

昭和五年は六月一四日挿秧、一株二本植とし一鉢三株宛挿秧し、六月二五日に半量を施肥した。

昭和七年は六月一八日挿秧、方法は昭和三年同様で、六月二八日に半量の施肥を行つた。

(五) 供試稻葉の刈取り及搾汁の期日

以上の如くにして栽培した稻葉は昭和三年には八月九日及一〇日、二二―二三日、九月三―四日及九月一三―一四日に刈取り搾汁した。刈取りの時刻に依つて細胞汁液の性質に差のある事は、後に記するが如くであるが著者は午前八時前後に刈取り之を細剉し氷結せしめて壓搾し汁液を採取した。その採取汁液に就きて水素イオン濃度、氷點降下、比電氣傳導度等を測定し之より滲透壓或は比電氣傳導度と氷點降下との比等を求めた。其等の結果に就きては其各項に就きて記述するが今一例として其の第一回實驗たる昭和三年八月九日及一〇日に測定した二回の結果の平均を掲げると第七表の様である。(第七表)

昭和四年には七月二三日、七月三〇日、八月一三日及八月二七日の四回に、昭和五年には八月一日、及八月二五日の二回に測定を行つた。昭和六年には測定せなかつたが昭和七年には八月二日、八月一日及八月二〇日に測定を試みた。

(B) 昭和八―九年の實驗 昭和七年度までに行つた肥料要素の配合に於ては常に二要素宛は多量に施こし、一要素のみを減ずる様な設計の下に肥培を行つたが、昭和八―九年に於ては二要素を少量に一要素を多量に施こす様設計した。

第七表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の二三理化學的性質

昭和3年8月9—10日測定

番號	肥料配合	氷點 降下 (Δ)	滲透 (P)	水素イオン 濃度(PH)	比電氣傳 導度(KO)	比 (100K/ Δ)
	N : P : K					
1	8 : 8 : 1	0.733 度	9.550 氣壓	6.38	0.01603	2.01
2	8 : 4 : 2	0.739	8.901	6.87	0.01615	2.18
3	8 : 2 : 4	0.731	9.562	6.74	0.01706	2.15
4	8 : 1 : 8	0.875	10.510	6.53	0.01914	2.19
5	4 : 8 : 2	0.758	9.130	6.08	0.01497	2.02
6	4 : 4 : 4	0.797	9.538	6.81	0.01771	2.23
7	4 : 2 : 8	0.781	9.406	6.88	0.01720	2.25
8	2 : 8 : 4	0.783	9.430	6.43	0.01608	2.17
9	2 : 4 : 8	0.733	8.829	6.58	0.01733	2.38
10	1 : 8 : 8	0.747	8.992	6.45	0.01765	2.37

其栽培要項は次の様である。

- (一) 供試品種 神力
- (二) 栽培方法 二萬分の一反に相當するワグネル鉢で砂耕を行つた。其方法は前年度までのと全く同様であつた。
- (三) 肥料の種類及施用量 基本量としては反當窒素二貫、同燐酸及加里各一貫匁とし基本量に對し窒素は三倍及九

倍量を燐酸及加里は基本量の二倍及四倍量を施用した。窒素のみを九倍量としたものは斯の程度の増施でなければ稻熱病の發生が著しくないのであつた。其肥料要素の配合は次の様である。(第八表)

第八表 燐素燐酸加里肥料施用の場合 (昭和8-9年)

試験區別	樹木鉢番號	N : P : K
1	1-5	1 : 1 : 4
2	6-10	1 : 3 : 3
3	11-15	1 : 4 : 1
4	16-20	3 : 1 : 3
5	21-25	3 : 2 : 1
6	26-30	9 : 1 : 1
7	31-35	1 : 1 : 1

N : P : Kの比

(N)

9 : 1 : 1

3 : 2 : 1 3 : 1 : 3

(P) 1 : 4 : 1 1 : 1 : 3 1 : 1 : 4 (K)

(五) 供試稻葉の刈取り及搾汁期日は昭和八年は七月三十一日及八月一日で、昭和九年は八月一四日、八月二八日及九月七日であつた。

二、材料の採取

植物の細胞汁液の水素イオン濃度 電気傳導度或は滲透壓は同一栽培狀態の下に於ても、植物の生育時期によつて等しくない。稻葉に於ても其成育の時期により滲透壓に差があるといふ事が報告されて居る。又採取當時の氣溫の高低又

稻熱病に對する稻の耐病罹病に關する考察

(四) 挿秧の時期、方法及其後の管理 昭和八年の挿秧期日は六月一六日で一株二本宛、一鉢に五株を植付けた。六月一九日に肥料は全量を施用した。昭和九年は六月二六日に同様にして挿秧し施肥は挿秧と共に半量、七月五日に半量を施用した。

は日照の多少或は朝夕等により其葉汁の水素イオン濃度、電氣傳導度及滲透壓に差のある事も既に知られて居る。本著者は上述の如く七月から九月の間に於て稻の成育の最盛期から成熟期に近づくまでの稻葉に就きて其汁液の水素イオン濃度、滲透價、比電氣傳導後の如き理化學的測定を試みたのである。何れも測定には晴天を選び當日の午前八時前後に鉢にて所要量(二〇瓦餘)を刈り取り之を實驗に供用した。

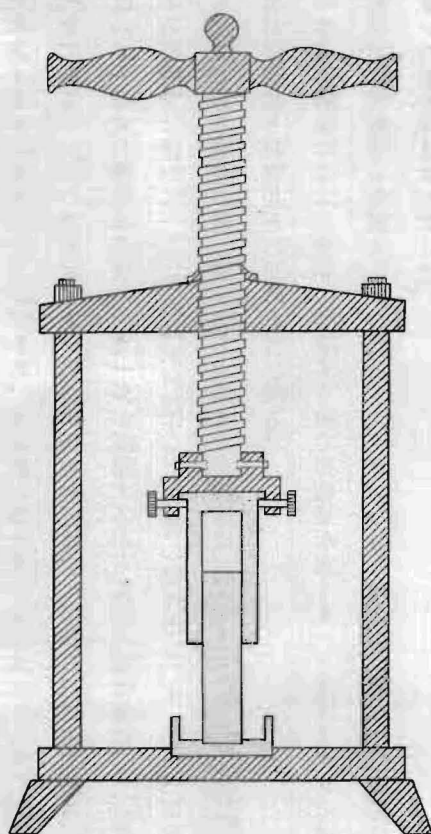
三、稻葉の搾汁

植物の葉の搾汁が生葉内に於けると同様の水素イオン濃度、電氣傳導或は滲透壓を有するか或はどう變るかといふ事は極めて六ヶ敷い問題である。搾汁採取の方法に就ても稻葉の如きは其儘壓搾して搾汁を得る事は困難である。それで供試材料を一度氷結せしめて搾汁する方法が行はれて居る。之には液體空氣を作用せしめる方法もある。又近時 *Waller* (二五三)氏の提唱せる様に供試材料を硝子瓶内で熱湯に浸して後壓搾する方法もある。クロロホルムで燻蒸してから搾汁する方法も行はれて居る(小野寺氏等二五〇)。而して何れの方法によつた搾汁が自然の生葉内の汁液の理化學的性質と最も類似して居るかを決する事も可なり面倒な問題である。*Kundson and Ginsburg*(二五二)氏は冷却に液體空氣を使用したのと氷及食鹽によつたのでは大差がないが壓搾壓力五〇・〇〇〇封度と一〇・〇〇〇封度では差があつたといふて居る。然し著者は斯うした問題にふれる意はなく、その知らんとする處は同一の方法で採取した搾汁が施肥の差で如何に違ふかといふ事である。故に著者は從來多く行はれて居る方法で比較的多くの材料を取扱ふて斯くして得た結果に就いて比較を試みんとして次の方法を採用した。

即ち供試材料たる稻葉の採取後は出来るだけ速かに細削し、その約二〇瓦を著者の考案の下に製作せしめた眞鍮製の

有底圓筒内に充填しゴム栓を以て密栓し、之に冷却液の附着防止の爲めにゴム・カップを被ふた。斯くして準備した圓筒は之を特別に此の目的に製作した冷却器内に氷と食鹽の混液と共に容れて冷却し氷結せしめ其後直に壓搾器にかけ搾汁した。壓搾に就いては種々の方法を試みたが少くとも著者の目的には第一圖に示した様な壓搾器で供試物を容れた圓筒を倒まにして壓搾棒（ピストン）を下方から挿入して壓力を加へ搾汁が其兩者の間隙から滲出し下方の容器に集まるのを受ける様にするのが最も適當である事を知つた。それで著者は斯うした壓搾器（第一圖）を考案作成し本實驗を通じて之

第一圖 稻葉細胞汁液採取用壓搾器



を使用した。搾り得た稻の汁液は其口の硝子管（五〇坌容秤量管を供用）に取り冷蔵庫内氷塊に近く保存し順次に其滲透壓、電氣傳導度及水素イオン濃度の測定を行ふた。時としては制糞の目的で數滴のクロロホルムを滴下した事もあつた。

五、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の水素イオン濃度との關係

り酸性も鹽基性も單に水素イオン濃度といふ單位で表はし得る事となる。而して現在では或る液に含有されて居る水素イオン濃度の逆數の對數を取つてPHとして表はされて居る。PHが即ち水素イオン濃度であるとも考へられて居るが實際ではPHは次の様な譯である。

$$PH = -\log_{10} \frac{1}{\text{水素イオン濃度}}$$

攝氏二五度に於ける純水の水素イオン濃度は 0.0000001 即ち 10^{-7} で之をPHで表はすと次の様に7となる。

$$PH = -\log_{10} \frac{1}{0.0000001} = -\log_{10} 10^7 = 7.00$$

此等と同様に假りにPHが五と言へば其水素イオン濃度は 0.0000001 (即ち 10^{-6})で中性液の 10^{-7} 倍濃くて酸性なる事を表はし、PHが一〇と言へば其水素イオン濃度は 0.0000000001 (即ち 10^{-10})即ち中性の千分の一の濃さでアルカリ性なる事を示す譯である。

二、研究の沿革

稻熱熱菌の發育と培養基の水素イオン濃度の關係に就きては三宅康次、足立仁(一九三三)氏の報告がある。氏等によると稻病病菌はPH三・一以下では發育せぬが其以上ではPH價の増加と共に發育が良好となる物である。

稻葉汁液の水素イオン濃度に就きては著者の一人(西門一九三六)が先年報告した處で稻の品種或は栽培方法によりそのPH價の變化は極めて僅少で何れもPH五―七の間に入つたのである。而も稻熱病菌の發育し得るPH價の範圍は略PH五―一〇の間にあり可なり廣いから稻熱病に對する稻の抵抗性は其葉の汁液の水素イオン濃度との關係であるとは考へ得ないと報告しておいた。

三、實驗の方法並に結果

本報告に於ける實驗に於ても上述の如くに肥料配合を異にして栽培した稻葉を壓搾して得た葉の汁液に就きて其水素イオン濃度を測定した。最初は Billman 氏 Quinhydrone 電極により米國 Leeds and Northrup 會社製 K 型 Potentiometer を使用して得た讀から次式によつて計算した數字を表よつて求めた(板野、細田一九三)

$$PH = 6.35 - \frac{P}{0.0577 + 0.002(t-18)}$$

第九表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の水素イオン濃度(PH)

(1) 昭和 3—7 年の結果

番 號	肥 料 配 合			昭和 3 年 (4 回)	4 年 (4 回平均)	5 年 (1 回)	7 年 (3 回平均)	平均 (12 回)
	N	P	K					
1	8 : 8 : 1			6.58	6.51	5.80	7.03	6.61
2	8 : 4 : 2			6.90	6.33	5.70	7.15	6.67
3	8 : 2 : 4			6.80	6.34	—	7.26	6.60
4	8 : 1 : 8			6.69	6.35	5.65	7.29	6.64
5	4 : 8 : 2			6.75	6.33	5.35	7.17	6.59
6	4 : 4 : 4			6.80	6.32	5.40	6.97	6.57
7	4 : 2 : 8			6.81	6.44	5.45	7.16	6.68
8	2 : 8 : 4			6.64	6.41	5.30	6.85	6.50
9	2 : 4 : 8			6.62	6.36	5.25	6.88	6.47
10	1 : 8 : 8			6.61	6.38	5.25	6.67	6.43

第十表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞

汁液の酸素イオン濃度(PH)

(I) 昭和8-9年の結果

番 號	肥料配合 N P K	昭和8年 (2回平均)	9年 (3回平均)	平均 (5回)
1	9 : 1 : 1	7.39	6.93	7.11
2	3 : 2 : 1	7.22	6.83	6.98
3	3 : 1 : 2	7.18	6.74	6.85
4	1 : 2 : 2	6.95	6.10	6.51
5	1 : 4 : 1	6.87	6.41	6.50
6	1 : 1 : 4	6.82	6.40	6.57
7	1 : 1 : 1	6.72	6.46	6.70

第十一表 稻葉細胞汁液の酸素イオン濃度と肥料要素との關係

	窒素との關係		磷酸との關係		加里との關係	
	實數(PH)	割合	實數(PH)	割合	實數(PH)	割合
昭和7-9年 の平均	基本量	100	6.74	100	6.61	100
	2倍量	104	6.63	100	6.63	101
	4倍量	106	6.57	99	6.56	99
	8倍量	107	6.48	98	6.50	98

但し六・三五は攝氏一八度に於ける Quinhydrone 電極の PH 價、π はカロメル電極に對する Quinhydrone 電極の電位の讀み〇・〇五七七等は熱力學的常數及溫度更正である。然し實驗の中途からは左程精密な示度を得るよりも短時間に多數を測定する必要に迫られ板野(五六)式酸素イオン濃度測定器を使用した。又時には Clark 及 Lubs 氏の比色法によつて測定した部分もあつた(西門一九六六参照)。其の得た結果は第九表及第一〇表の様である。

右の數字から肥料要素の施用量と其稻葉細胞汁液の酸素イオン濃度との關係を計算すると次の様である。

昭和8—9年 の平均	基本量					
	2倍量(Nは3倍)	4倍量(Nは9倍)	6倍量(Nは13.5倍)	8倍量(Nは18倍)	10倍量(Nは22.5倍)	12倍量(Nは27倍)
	6.93	7.11	6.96	6.87	6.82	6.74
	106	100	98	97	96	95

本表を通覽して知り得る様に稻葉細胞汁液のPH價は其窒素質肥料を増施した場合に僅かに増加して居る。即ち昭和三—七年の成績では窒素の基本量施用の場合がPH 六・二三で施用量を二倍、四倍及八倍と増加するに従つて多少宛増加し基本量の場合を一〇〇とすると各々一〇四、一〇六及一〇七と云ふ割合になつて居る。又昭和八—九年の結果でも基本量の一〇〇に對して三倍及九倍施用區では各々一〇六及一〇九と云ふ事になつて居る。又PHの増加の事實が認められる。即ち窒素の増施によつて酸性から中性に近づくとは云へるが其程度は極めて僅かである。磷酸及加里肥料の場合には數字の上では僅かにPH價減少の事實はあるが此差は極めて少く、差がないと認めた方が適當である。要するに施用肥料要素の差によるPH價の差は極めて僅かである。殊に磷酸及加里の場合殆んど完く表はれなかつたと言ひ得る。従つて施肥の如何によつて稻の稻熱病罹病性に差を生ずる所以は其葉の細胞汁液の水素イオン濃度の差に歸すべき物でないと考へられる。

六、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の滲透壓との關係

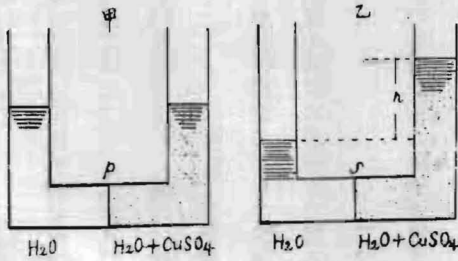
一、溶液の滲透壓に關する概念

本項に關して話す前に滲透現象といふ事概念を話しておき度い。此も諸君の多くが既に御承知の事と思ふが多少未

知の方もあらうと思ふから蛇足ながら付け加へておく。

滲透現象 (Osmose) といふのは「半透性膜を通して液體が通するを云ふ」と W. A. B. (一九五) は其著物理化學原理に於て定義して居る。半透性膜といふのは溶媒 (普通の場合には水) だけの通過を許すが之に溶けて居る溶質の通する事を許さない膜の事である。膀胱膜とかコロヂウム膜は完全ではないが半透性である。又フェロチアン銅膜は稍完全な物と云ふ事が出来る。植物細胞の膜壁及原形質には斯かる半透性の物が多い。

第二圖 滲透現象を示す圖



圖の様なU字管があつて甲圖の様に其中央Pの位置に透過性の膜を置いて一方には水を一方には硫酸銅液を同じ高さに入れる時は暫くすると膜の兩方は均質の硫酸銅液が出来、兩方の液面の高さは始めの通り相等しい。然るに乙圖の様に中央Sに半透性の膜を隔て、一方には硫酸銅液を一方には水を入れて兩方を同じ高さとしておく。Sは半透性で水を通過させるが硫酸銅を透す事が出来ないから水は硫酸銅液の方へ漸次移つて硫酸銅液の濃度は稀釋せられ其液面は漸次高まり乙圖の様な位置となる。即ち硫酸銅の液面は水面よりhだけ高くなつたとする。斯様に半透性の膜を通じて溶媒だけが通過 (擴散) する場合を滲透現象といふ。而して乙圖ではhの高さの液量に相當する壓が加はつた事になる。此壓力を滲透壓といふ。適切でないかも知れぬが手近な例をあげると大豆を水中に漬けると大豆の皮及子葉の皮膜は半

透性であるから水を吸収して大豆は膨大する。けれども之に砂糖とか醬油を加へると大豆の周囲の液の濃度は大豆の濃

度よりも高いが砂糖の如きは細胞膜を通じて内部に滲透する事が出来ないから大豆自身は收縮して大豆の表面には皺が出来るのである。

滲透に關する理化學的研究の結果から「一定の溫度では稀釋溶液の表はす滲透壓は溶質の濃度に比例する」といふ事が知られて居る。又「等溫等容積では非電解質物の相等しい瓦分子の濃度の溶液は相等しい滲透壓を示す」ものである。理化學的實驗結果から攝氏〇度即ち絕對溫度二七三度では次の式が成立つのである。

$$\text{滲透壓(單位體積)} = \text{瓦分子數} \times 0.01$$

即ち滲透壓測定によりて溶液中に存在する溶質の瓦分子數を知る事が出来る。それ故稻葉細胞汁液の滲透壓を測定すると稻葉汁液中に溶解して居る物質(非電解物質)の濃度を知る事が出来る譯である。

二、研究の沿革

植物の葉とか莖の細胞液濃度に關する問題は植物特に農作物の耐寒性に關する問題として多く研究されて來た所で古くからの研究問題の一つである。耐寒性に就いては植物の低溫度に耐ゆる能力に關連する因子を求め之によりて植物の耐寒性を決定し得る一つの指數を得んとする研究が可なりが多い。此の耐寒性の研究は物理的化學的に植物の水分に關係する因子を取扱ふた物である。之に關しては一部の人々は氷點降下と耐寒性との間には相關々係の存するとし他の一部では此關係が存在せないと考へた。又特に Newton(1922)は氷點降下度は植物の耐寒性の決定に對する眞の範疇たり得ないと斷定して居り、Janssen(1929)氏又冬小麦に就きて同様の結論を下して居る。

Martin, Harris 及 Johns(1931)氏はモロコシ類(Sorghum)の組織液の氷點降下と電氣傳導度に就きて研究した。

氷點降下はモロコシ類では頂端葉が最大で下に下ると共に減少する。成熟間際では各部大體同様であるが頂端から第四關節までは増加する。

佐藤健吉(二五五)氏は水稻、小麥、大麥、ソラマメに就きて原形質分離法により又ソバに就きては氷點降下法を併用して莖葉部の細胞液の濃度を測定し、同時に生長をも測りて兩者の關係を調べた。稈葉の細胞液濃度は一般に生育期の進むと共に上昇する傾向があり、發芽後生長旺盛期に低く開花前より種子結實の頃までは上昇し成熟後再び降下すると報告して居る。紫稻に於ては(190 Knop氏液で栽培したる稻)細胞液濃度は生育初期に於ては 0.35 モル(滲透壓は 9.58 氣壓に相當する)前後、穗孕期より開花期には急激に上昇し 0.475 モル(13.5 氣壓)となり更に熟度の進む時は 0.4 モル(11.1 氣壓)となつたと。

稻葉の汁液の滲透壓に就きては榎本中衛(二五七)氏の報告がある。之は稻葉汁液の氷點降下によつて其濃度を比較したもので氣溫高く日照多く、空氣乾燥なる程其値が大きく從つて一日中には日出時が最低で午後三時頃が最大に達すると。其肥料用量との關係に就きては品種によりて異なり龜尾では無肥料區最大で標準區、施肥倍量區の順となり田優種では此の關係は反對であつた。又窒素質肥料に就きては其施用量の増加と共に濃度が低下し無窒素區、窒素倍量、三倍區の順となり加里倍量區は初期は大差なきも成熟期には濃度が高くなると。

小野寺二郎、高崎達藏(二五〇)兩氏は冬作物の耐凍性の強弱を決定せんと欲して滲透壓を測定した。汁液の搾取に當つては寒劑を使用せずクロロホルムを以てし 100 瓦の生草に對して局方クロロホルム五匁を使用し 20 時間以上燻蒸した。氷點降下度數から Harris 氏の式によつて滲透壓を計算した結果麥類は生育初期には低く 10 月中旬より 11 月初

旬までは下降傾向を取り其後氣溫の降下と共に急に上昇した。

R. H. Dastur & E. Baptista (1931) 氏は稻の滲透壓及び吸水力を研究した。氏等は甘露糖の Plasmolytic の法で根及葉の滲透壓を測定した。氏によると滲透壓は生育期の進展につれ増加して最高に到達し其からは又低下すると。硫酸安母尼亞を施用したものは根及葉の滲透壓を増大すると。根では先から基へ葉では基から先へ向ふて滲透壓が増加する。而して根の滲透壓は一四・一五・〇二氣壓、葉では一〇・二五—二四・一二の間にあつたと。

平山重勝(三)氏は稻葉汁液の水點降下の測定によりて滲透壓を測定した。乾燥區に生育せる稻は濕潤區に生育せる稻に比して滲透價が高かつた。而も逸見(三)博士は稻熱病の發生は土壤の濕度の程度に比例すると述べて居るから水稻の稻熱病に對する感受性と細胞液の滲透壓との間には正比例的な相關々係の存する物といはざるべからずと記した。

三、屈折率測定に就て

植物體の滲透壓とは別の問題ではあるが其細胞汁液の濃度の測定に就きては其壓搾汁の屈折度測定 (Refractometry) によりて之から濃度を計算して居る人も少ない。以下滲透壓に關する本著者の實驗結果を記述する前に少しく之に觸れておき度と思ふ。

獨の Gäsner (1932) 教授及其一派の如きは此屈折率測定の方法によつて小麦の耐寒性を研究し顯著なる業績を擧げて居る。

又蛭子浩一、渡邊保治(三)氏は春蒔及秋蒔の各種小麦の稚苗に就きて搾汁の屈折率を測定して居る。屈折率は栽培溫度の低い程増大し春蒔型は秋蒔型よりも大であると。

此に就きては昭和元年本實驗の豫備試験に當つて稻葉の汁液の Refractometry を行つた。當時使用した器械は Nois 製 Abbe-Refractometer で其讀みから北米の Official and tentative methods で乾物量を計算した。其結果の一例を茲に掲げると次の様である。此方法では供試液としては一珪もあれば充分で場合によれば二―三滴で間に合ふ。然しながら讀取りの正確を期する事は少くとも著者の場合は困難であつた。それ故著者は其後此方法を多く用ゐなかつた。

第一二表 砂土、壤土及粘土に於て紫雲英を施用せる稻の葉汁の濃度の比較

材 料	昭和元年9月15日測定		同 9 月 18 日測定	
	屈折率(28°C)	乾物量(%)	屈折率(28°C)	乾物量(%)
砂 土	標 準	5.1	1.3417	6.5
	紫雲英施用	4.8	1.3414	6.25
	標 準	7.35	1.3414	6.25
壤 土	紫雲英施用	6.05	1.3402	6.9
	標 準	5.5	1.3403	6.05
	紫雲英施用	5.35	1.3438	7.35
粘 土				

四、滲透壓測定の方法

次に滲透壓の測定であるが、其測定方法としては特に生物學方面に於ては、直接測定法で滲透壓の判然した各種の濃度の甘蔗糖液を作り之と供試験液の夫とを比較する所謂 Plasmolytic の方法も廣く行はれて居る處である。稻葉細胞汁液に就いても佐藤健吉(三三)、印度の Dastur 及 Baptista (1931) の諸氏は此の方法を使つて居る。けれども又間接方

法である氷點降下による方法 (Cryoscopic) によつて植物汁液の滲透壓を測定する方法も行なはれて居る。此の兩方法での測定の結果は理論的には一致する筈であるが實驗の結果では可なり差のある事は Kundson や Ginsburg (1922) 其他によつても報告されて居る處である。けれども著者は後者によつて稻葉細胞汁液の滲透壓測定を試みた。

一般に溶液の濃度はその蒸氣壓と反比例するから滲透壓と氷點降下とは正比例するといふ事が出来る。従つて相等しい溶媒中に溶された種々の異なつた物質の等しい五分子は相等しい氷點降下を示すことになる。水溶液に於ては一五分子の非電解質の溶液の氷點降下は何時も $1 \cdot 86$ 度である。而して零度に於て一五分子の水溶液は何れも皆 22.4 氣壓の滲透壓を示し得るから氷點降下一度は $\frac{22.4}{1.86} = 12.04$ 氣壓に相當する。今氷點降下の度數を Δ で表はすと零度に於ける滲透壓は $P_0 = 12.04 \Delta$ となる。之に溫度の補正を加へた表がある (Harris & Gortner: Amer. Journ. Bot. 1: 75, 1914)。之に據つて氷點降下から滲透壓を算定した。

氷點降下の測定には普通は Beckmann の裝置を使用して Beckmann 寒暖計で測定されるが最近 Walter (1931) 氏は Abderhalden, Arbeitsmethoden, 11: 4 に於て生物學的測定には Drucker-Burian 氏の寒暖計の使用を推奨して居る。其讀みは比較的粗いが使用が輕便であるからといふのである。又英の Dixon 及 Atkins 氏は特別の熱電對を使用して氷點降下を測定して居る。平山氏も亦之に倣つて居る。

著者は氷點降下の測定は Beckmann 寒暖計を用ひて Beckmann 裝置によつて行つた。同一液に就きて二回測定を行ひ、其兩示度の差が一度の百分の一又は其以下の時は其兩示度の平均を取り夫以上ならば更に今一度測定して、其近い二の測定價の平均を求めて之を其示度とした。其汁液の氷點降下數とした。

五、實驗の結果

以上の如くにして肥料要素の割合を異にせる稻葉細胞汁液の水點降下を昭和三年以來測定した結果は第一三及一四表の如くである。本表に於ける平均は實驗總回數の平均であつて各年度の平均價を平均した物ではない。

第一三表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の水點降下
(1) 昭和3—7年の結果 (單位攝氏度數)

番號	肥料配合		昭和3年 (4回平均)	昭和4年 (4回平均)	昭和5年 (2回平均)	昭和6年 (3回平均)	平均 (12回)
	N	P K					
1	8 : 8 : 1		0.614	0.630	0.667	0.760	0.685
2	8 : 4 : 2		0.623	0.634	0.661	0.724	0.674
3	8 : 2 : 4		0.635	0.631	0.542	0.633	0.674
4	8 : 1 : 8		0.761	0.633	0.571	0.714	0.683
5	4 : 8 : 2		0.628	0.557	0.407	0.684	0.619
6	4 : 4 : 4		0.641	0.623	0.477	0.787	0.643
7	4 : 2 : 8		0.682	0.705	0.503	0.834	0.697
8	2 : 8 : 4		0.624	0.706	0.400	0.780	0.696
9	2 : 4 : 8		0.655	0.663	0.504	0.809	0.679
10	1 : 8 : 8		0.605	0.624	0.503	0.721	0.618

第一四表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の水點降下
(I) 昭和8—9年の結果 (攝氏)

番 號	肥 料 配 合		昭和8年(2回平均)	昭和9年(3回平均)	平 均 (5回)
	N	P K			
1	9 : 1 : 1	1	0.806	0.815	0.811
2	3 : 2 : 1	1	0.676	0.622	0.624
3	3 : 1 : 2	2	0.712	0.784	0.755
4	1 : 2 : 2	2	0.805	0.848	0.851
5	1 : 4 : 1	1	0.816	0.861	0.838
6	1 : 1 : 4	4	0.806	0.817	0.768
7	1 : 1 : 1	1	0.653	0.778	0.728

此等の氷點降下から Harris 及 Gortner 氏の計算した表によつて滲透壓を求めた數字は次表の様である。

第一五表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の滲透壓
(I) 昭和3—7年の結果 (單位氣壓)

番 號	肥 料 配 合		昭和3年 (4回平均)	昭和4年 (4回平均)	昭和5年 (3回平均)	昭和7年 (3回平均)	平 均 (13回)
	N	P K					
1	8 : 8 : 1		7.758	7.337	5.868	9.105	7.450
2	8 : 4 : 2		7.505	8.340	6.308	8.720	7.878

3	S : 2 : 4	8.011	7.602	6.724	10.031	8.119
4	S : 1 : 8	9.010	7.362	6.879	8.981	8.363
5	4 : 8 : 2	7.565	6.681	4.915	10.007	7.457
6	4 : 4 : 4	7.722	7.708	5.748	9.478	7.746
7	4 : 2 : 8	8.365	8.492	6.067	9.923	8.395
8	2 : 8 : 4	7.517	8.704	6.012	9.391	8.023
9	2 : 4 : 8	7.800	8.348	6.073	9.713	8.179
10	1 : 8 : 8	7.173	7.492	6.031	8.781	7.415

第一六表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の滲透壓

(1) 昭和8—9年の結果 (單位氣壓)

番 號	肥 料 配 合			昭和8年(2回平均)	昭和9年(3回平均)	平 均 (5回)
	N	P	K			
1	9	1	1	9.707	9.815	9.767
2	3	2	1	8.144	11.012	9.923
3	3	1	2	8.576	9.442	9.003
4	1	2	3	9.695	10.217	10.007
5	1	4	1	9.828	10.372	10.153
6	1	1	4	8.387	9.840	9.250
7	1	1	1	7.868	9.371	8.768

備考 ×本平均は水田畦下の平均から算出した物である。

更に右の表から肥料三要素施用量と其稻葉汁液の滲透壓との關係及其基本量の際に於ける滲透價を一〇〇としたる際の其二倍四倍量等を施せる稻の夫の指數を求めた結果は第一七表の如くである。

第一七表 稻葉細胞汁液の滲透壓と肥料要素との關係

		窒素との關係			磷酸との關係			加里との關係		
		實	數	割合	實	數	割合	實	數	割合
昭和八—九 年の平均	基 本 量	7.445		100	8.336		100	7.650		100
	2 倍 量	8.101		109	8.378		100	7.668		100
	4 倍 量	7.965		106	7.934		96	7.882		103
昭和八—九 年の平均	8 倍 量	7.978		107	7.811		94	8.071		106
	基 本 量	9.545		100	9.220		100	9.654		100
	2 倍量(N1.23倍)	9.509		100	9.065		108	9.750		99
	4 倍量(N1.23倍)	9.767		108	10.156		110	9.270		96

上表の結果を通覽するに昭和三—七年の實驗では窒素に於ては基本量の場合の稻葉汁液の滲透價は七・四四五で二倍、四倍或は八倍と増すに従つて八・二〇一、七・八六六及び七・九七八となつて居る。即ち基本量の價を一〇〇とすると二倍、四倍或は八倍量を與へた物では一〇九、一〇六、一〇七と多少増加して居る。昭和八—九年の實驗結果でも略ぼ同様で窒素用量の増加と共に多少増加して居る。従つて窒素肥料を増加せば稻葉汁液の滲透價を増加するものであるが其の割合は僅少で而も比例して居ない。磷酸及び加里の場合には其の施用量の増加と共に或は増加し或は減少し一定の傾

向を示さないから此の兩者と稻葉汁液の滲透價との間には大きな關係がないと見るが至當と思はれる。

七、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の比電氣傳導度との關係

一 溶液の比電氣傳導度に關する概念

比電氣傳導度に就いてもその概念を説明しておくのは一部の人々には無駄でないと思ふ。

電氣の方の事項ではあるが電流が質の一樣な導體を流れる時に電流の強さ(普通 i の文字を用ゆ)は兩端の電位差(e)の大小に比例し導體の抵抗(r)の大小に逆比例する。此が Ohm の法則で此から次の式が成立つのである。

$$\text{電流 (ampere)} = \frac{\text{電位差 (volt)}}{\text{導體の抵抗 (ohm)}} \quad \text{即ち} \quad i = \frac{e}{r}$$

而して此導體の電氣抵抗は導體の長さ l と導體の斷面積の大小によつて決定する物である。溫度によつても多少異なる。今或る物質の一稜一輦なる立方體を考へ、之の電氣抵抗を其物質の比抵抗と呼んで居る。抵抗の單位は ohm で表はす切口一平方 mm 長さ一〇六、三 cm の水銀柱の零度の抵抗をオームとする。此比抵抗の逆數(即ち $\frac{1}{r}$) は其物質の比重氣傳導度と呼びギリシア文字カツパ(k)で表はす。電氣傳導度の測定は逆「オーム」即ち「ムオー」(mho)で表はす。

固體の導體では右の様であるが溶液の場合には之と多少異なり兩電極の間にある物質全體が作用するのでなくて溶液中に存する溶質の「イオン」化した物質のみが興るのであるといふ差がある。溶液に於ても一稜一輦の立方體を想定して之を通じ得る比電氣傳導度(k)を測定する。

測定の方法を詳しく話す事は出来ないが圖の様な「コールラウシュ」橋といふのを使用する。此は「ホイートストン」橋

の直流電源の代りに交流電源を使用する様にした物である。第三圖中A B間は太さの一定の抗抵抗線で度盛がしてある。dで電源(I)からの線と接觸する。Wに測定せんとする溶液の入れてある容器をおく、Rは抵抗を種々に加減し得る抵抗箱である。Tは電話受話器でdの接觸點を動かして受話器の音の最小の點を求めるのである。其時はA_{dc}の輪道とB_{dc}の

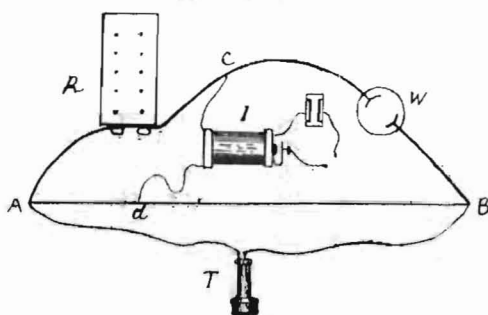
輪道を通る、電流が釣合つた時である。それでA_d、B_d間の距離から

$$\frac{W}{R} = \frac{B_d}{A_d} \text{ なる比が成り立つ、従つて測定せんとする溶液の抵抗 } W = R \frac{B_d}{A_d} \text{ (Ohm) となる。}$$

勿論此上に溫度更正其他の更正は必要である。

一、研究の沿革並に實驗の方法

第三圖 溶液の電氣傳導度測定裝置



本著者は肥料要素を異にして栽培した稻葉汁液の比電氣傳導度を測定して肥料要素の配合の差が此價に如何に作用するものであるかを定めんとした。Martin, Harris, Johns(1931)氏等は蜀黍(Sorghum)の組織液に就きて電氣傳導度を測定したが其の價は各葉の何れの部分も略同様であつた。稈の節間の電氣傳導度は開花期は最低で乳熟又は糊熟期に最大に達したといふ。

電氣傳導度の測定には本著者は Wheatstone bridge の理により測定容器として径二〇耗の有底硝子圓筒を使用し之れに約五耗の間隔に駢べた徑一八耗の白金圓板の電極を裝置した。標準液としては三〇度で〇・〇〇三三六、二五度で〇・〇〇二七六五逆 ohms の比電氣傳導度を有する N/50 鹽化カリウム液を使用し攝氏三〇又は二〇度で約一〇耗の液に就きて各供試液の比電氣傳導度を測定し、その結果は逆 ohms 即ち mhos

で表はした。斯くして測定を行ひ次の表に示す様な數字を得た。

三、實驗の結果

第一八表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の比電氣傳導度(k)

(1) 昭和3—7年の結果 (單位逆オームho)

番 號	肥 料 配 合		昭和3年 (4回平均)	昭和4年 (4回平均)	昭和5年 (2回平均)	昭和7年 (3回平均)	平 均 (13回)
	N	P K					
1	8 : 8 : 1		0.01377	0.01124	0.01096	0.01633	0.01282
2	8 : 4 : 2		0.01328	0.01379	0.01445	0.01518	0.01401
3	8 : 2 : 4		0.01430	0.01361	0.01320	0.01565	0.01423
4	8 : 1 : 8		0.01605	0.01316	0.01408	0.01449	0.01438
5	4 : 8 : 2		0.01373	0.01100	0.00968	0.01088	0.01225
6	4 : 4 : 4		0.01398	0.01289	0.01604	0.01278	0.01461
7	4 : 2 : 8		0.01186	0.01574	0.01602	0.01741	0.01512
8	2 : 8 : 4		0.01396	0.01584	0.01308	0.01639	0.01503
9	2 : 4 : 8		0.01476	0.01624	0.01383	0.01616	0.01497
10	1 : 8 : 8		0.01581	0.01502	0.01651	0.01710	0.01592

第一九表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の比電氣傳導度(k)

(1) 昭和8—9年の結果 (單位逆オームho)

番 號	肥 料 配 合		昭和8年 (2回平均)	昭和9年 (3回平均)	平 均 (5回)
	N	P K			

1	9 : 1 : 1	0.01571	0.11256	0.01382
2	3 : 2 : 1	0.01878	0.01816	0.01841
3	3 : 1 : 2	0.02103	0.01277	0.01305
4	1 : 2 : 2	0.02147	0.01573	0.01802
5	1 : 4 : 1	0.01944	0.01582	0.01726
6	1 : 1 : 4	0.01062	0.01915	0.01814
7	1 : 1 : 1	0.01771	0.01497	0.01634

第二〇表 稻葉細胞汁液の比電氣傳導度と肥料要素との關係

年 次	三要素施用量	窒素との關係		磷酸との關係		加里との關係	
		實 數	割合	實 數	割合	實 數	割合
昭和3—7年 の 平 均	基 本 量	0.01502	100	0.01468	100	0.01282	100
	2 倍 量	0.01500	94	0.01468	100	0.01348	105
	4 倍 量	0.01422	89	0.01453	99	0.01462	114
	8 倍 量	0.01394	87	0.01448	97	0.01517	118
昭和8—9年 の 平 均	基 本 量	0.01744	100	0.01663	100	0.01584	100
	2 倍量(N133倍)	0.01721	99	0.01636	102	0.01825	115
	4 倍量(N133倍)	0.01382	79	0.01723	104	0.01814	115

第一八表乃至第二〇表を通覽すると窒素質肥料の施用量を増加するに従つて其稻葉の組織液の比電氣傳導度が減少して居る事が認められる。即ち昭和三十七年の結果を見ても其基本量の〇・〇一五九二逆オーム即ちムオ一から其用量が二倍、四倍、八倍量となるに従つて各々〇・〇一五〇、〇・〇一四二三、〇・〇一三九四ムオ一となつて居る。この數字を假りに基本量の場合を一〇〇として表はすとその二倍、四倍或は八倍量施用の稻葉のそれは九四、八九及八七といふ數字となつて居る。更に昭和八―九年の結果を見ると其平均に於ては基本量施用の稻葉の比電氣傳導度を一〇〇とすると其三倍量或は九倍量と増加するに従つて其價は各々九九及七九といふ數字になつて居る。斯くして全實驗を通じて窒素分の施用量が増加すれば夫に比例して其稻葉細胞汁液の比電氣傳導度は低下するといふ事實が認められる。

次に加里肥料の施用に就いて見ると此關係は逆である。即ち昭和三十七年の平均結果では加里の基本量を施こした物では其細胞汁液の比電氣傳導度は〇・〇一二八二ムオ一で假りに此數字を一〇〇とすると其施用量が二倍、四倍及八倍量と増加するにつれて各々一〇五、一一四及一一八と比例的に増加して居る。又昭和八―九年の結果でも施用量が基本量から二倍或は四倍量となるに従ひ比電氣傳導度も同様の傾向を示して一〇〇、一一五及一一五となつて居る。其故加里肥料を増施すればそれに従つてその稻葉汁液の比電氣傳導度が高まる物であると云へる。

更に磷酸肥料の用量と其稻葉の比電氣傳導度との關係を見ると昭和三十七年の平均價では其基本施用量の際の其比電氣傳導度は〇・〇一四六八で之を一〇〇とすると磷酸施用量を二倍、四倍及八倍にするも其割合は各々一〇〇、九九及九七であつた。即ち磷酸の用量の増加と共に僅かに減少して居るが其程度は極めて僅少で影響がないと認むべき物の様である。又昭和八―九年の結果でも磷酸施用量が基本量から二倍、四倍となるに従つて其比電氣傳導度の割合は一〇〇、

一〇五及一〇四となり僅かに増加して居る。右の様な結果故稻葉汁液の比電氣傳導度は磷酸肥料の施用量とは大きな關係はないと見るべき物の様である。

之を要するに稻葉細胞汁液の比電氣傳導度の價或は他の語で言ふと汁液中の電氣傳導に與かる物質即ち電解質物の濃度は窒素肥料の用量を二倍、四倍及八倍と増加すればする程低下するといふ結果になつた。然るに加里質肥料施用の場合此逆で其用量を増加すれば之に正比例的に比電氣傳導度が高上することが判然と認められた。又磷酸の用量と其稻葉汁液の比電氣傳導度との間には特別の關係は見出し得ない物の様である。

八、肥料要素の配合と稻葉細胞汁液の比電氣傳導度と

氷點降下との比率の關係

更に稻葉汁液の比電氣傳導度と氷點降下との比率を求めて之を肥料要素の配合並に施用量との關係を調査した。此の比率は特に化學的意義がある譯ではないが之によつて嚴密な意義でなくとも稻葉汁液中に存する氷點降下に影響し得る溶質の總量に對する電解質物の割合を比較し其の傾向を知り度いと考へたのである。恰も Harris, Lawrence, 及び Valentine(1924) 氏等の考へと同様である。

昭和三—九年来に於ける稻葉汁液の比電氣傳導度及び氷點降下度の測定結果から算定した此の兩者の比價は第二一表及第二二表の様な結果となつて居る。

第二一表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の比電氣傳導度(k)と氷點降下數(△)との比(k/△) (I) 昭和3-7年度の結果

番 號	肥 料 配 合		昭和 3 年 (4回平均)	昭和 4 年 (4回平均)	昭和 5 年 (2回平均)	昭和 7 年 (3回平均)	平 均 (16回)
	N	P K					
1	8 : 8 : 1		1.97	1.89	2.28	2.18	2.04
2	8 : 4 : 2		2.12	2.02	2.76	2.13	2.19
3	8 : 2 : 4		2.16	2.33	2.55	1.88	2.20
4	8 : 1 : 8		2.23	2.16	2.45	1.95	2.17
5	4 : 8 : 2		2.21	2.03	2.38	2.03	2.14
6	4 : 4 : 4		2.20	2.04	2.39	2.20	2.23
7	4 : 2 : 8		2.15	2.39	2.22	2.16	2.26
8	2 : 8 : 4		2.23	2.21	2.59	2.21	2.28
9	2 : 4 : 8		2.23	2.20	2.64	2.01	2.23
10	1 : 8 : 8		2.29	2.43	3.03	2.13	2.45

備考 小數點の割合で比の値を100倍し 100 k/△として表された

第二二表 肥料要素の配合を異にせる稻葉細胞汁液の比電氣傳導度(k)と氷點降下度數との比率(k/△) (II) 昭和8-9年の結果

番 號	肥 料 配 合		昭和 8 年 (2回平均)	昭和 9 年 (2回平均)	平 均 (4回)
	N	P K			

1	9 : 1 : 1	1.970	1.512	1.71
2	3 : 2 : 1	2.780	1.970	2.24
3	3 : 1 : 2	2.903	1.604	2.11
4	1 : 2 : 2	2.685	1.875	2.17
5	1 : 4 : 1	2.360	1.838	2.05
6	1 : 1 : 4	2.387	2.345	2.36
7	1 : 1 : 1	2.714	1.924	2.24

備考 此比率は便宜上100倍せる物100k/△を以て表した。

右兩表に掲げた結果の平均から稻葉汁液の比電氣傳導度(k)と氷點降下(△)との比率と肥料要素の配合との關係を求めると第二三表の様である。

第二三表 稻葉細胞汁液の比電氣傳導度と氷點降下との比と肥料要素との關係

年 次	三要素施用量	窒素との關係		磷酸との關係		加里との關係	
		實 數	割合	實 數	割合	實 數	割合
昭和七年 の 平 均	基 本	2.45	100	2.17	100	2.01	100
	2 倍	2.26	92	2.38	105	2.17	106
	4 倍	2.28	93	2.25	104	2.27	111
	8 倍	2.15	88	2.23	103	2.30	113

昭和8年 の平均		基本量		2倍量(N722倍)		4倍量(N722倍)	
2.21	100	2.14	100	2.06	100	2.18	101
2.18	98	2.11	99	2.14	101	2.14	101
1.71	77	2.05	96	2.36	115	2.36	115

此の第二三表の數字から見ると稲葉汁液の比電氣傳導度と氷點降下との比價 (100k/△) とその窒素施用量との關係は昭和三十七年間の平均ではその基本量の場合に二・四五、二倍量二・二六、四倍量二・二八、八倍量二・一五である。基本量に於ける價を一〇〇とすると二倍、四倍及び八倍量では各々九二、九三及び八八といふ結果となつて居る。之は昭和三十七年の結果であるが昭和八十九年の結果も亦之と同様の傾向を示して居る。即ち基本量で二・二二、三倍量二・一八、九倍量一・七一で基本量を一〇〇とすると三倍量及び九倍量は九八及七七となつて居る。即ち窒素肥料の増量するに従つて此の比價の減少する事が判かる。

加里の施用量との關係はと見ると之は窒素の場合とは全く逆で昭和三十七年の結果では其の基本量で二・〇四、二倍量では二・二七、四倍量では二・二七、八倍量では二・三〇となり基本量を一〇〇とすると二倍、四倍及び八倍量では一〇六、一一一及び一一三といふ結果である。昭和八十九年の結果も基本量の場合の價は二・〇六で之を一〇〇とすると倍量及び四倍量は一〇四及び一一五で略ぼ同様の結果である。即ち加里質肥用量の増加と共に此の比價は判然と増加して居る。

更に磷酸に就きて此の關係を見ると假りに基本量を一〇〇とした數字のみを見ても昭和三十七年の平均では基本量の

一〇〇に對し二倍量區が一〇五、四倍量區が一〇四、八倍量區が一〇三といふ結果になり昭和八一九年のそれも之と略ぼ等しく基本量一〇〇、二倍量九九、四倍量九六で磷酸肥料の増施は此の比價に殆んど無影響であるといふ結果を示して居る。

之を要するに稻葉細胞汁液の比電氣傳導度と其の氷點降下度數との比價はその細胞汁液中に含有さるゝ總溶質に對する電解質の割合を表はすものであると考へ得らるゝが此の價は水稻に對する窒素の用量を増加すると共に低下し加里の用量の増加と共に高上するといふ結果となつて居る。只磷酸の用量に就いては其の多少は直接右の比價に大影響を與へないものゝ様である。

九、論 議

上述の結果から稻の稻熱病罹病性と其細胞汁液の二三理化學的性質との關係に就きて結論を下さんとする前に考慮すべき事項がある。

稻の肥料に對する反應或は應答性は品種によつて異なり各々特有の性質を有する物である。従つて各品種には各特有の肥料要素の割合があるべきであると言はれて居る(鹽谷一九三三)。本著者のは單に神力種に就いて行つた實驗であるから本實驗の結果は少くとも神力に就いて斯うであるといふ事になる。

今一つは本實驗に於ては肥料要素の配合を種々に組合せた爲に培養液の濃度が各區凡て同一であつたと言ひ得ない。然るに溶液の濃度と植物の生育との關係に就きては佐藤健吉(一九三五)、今關常次郎(一九三三)氏の報告する處で濃度の異なる

と共に植物の生育も異なる筈である。又從來の報告によると植物體組織液或は細胞汁液の濃度は其培養液の濃度の影響を受くる物でその濃い液で生育したのが、淡い液で生育した物に比して滲透壓が高い。特に地下部に於ては其影響が著しいが地上部では左程でもないといふ結果がある。榎本氏或は DUBLET 氏等の報文の如きはそう云ふて居る。此に就いて著者の場合を考へると既述の如くに培養液の特に濃度の高かつたのは窒素多用區であつたが此區の稻葉汁液は他より僅かに高いだけであつた。而も著者の試験したのは地下部でなく地上部であつたから此點に就いても多く考へる要がないと思ふ。

先づ稻に對する肥料三要素の割合及施用量と稻葉汁液の水素イオン濃度との關係を考へるに其水素イオン濃度は窒素肥料の増施によつて酸性から中性に近づくとは云へるが其の程度は極めて僅かである。磷酸及び加里肥料の場合には數字の上では僅かにH價減少の事實はあるが此の差は極めて少く差がないと言つた方が適當である。要するに施用肥料要素の差による P^{H} 價の差は極めて僅かである。殊に磷酸及加里の場合殆んど全く表はれなかつたと言ひ得る。

次に稻葉汁液の滲透壓に就きては表に現はれた數字の上では磷酸肥料の場合に於ては之が用量を増加すると其價は僅かに減少し窒素及加里の場合には其用量の増加によつて滲透壓は極く僅かであるが高まる物の様である。けれども其差は僅かで且又此昭和三十七年に表はれた傾向は昭和八十九年の實驗結果と全く一致しては居ない。それ故滲透價は肥料要素によつては大きな影響のない物の様である。

肥料要素の施用量と比電氣傳導度との關係は上の數表の示す様に全體の平均に於ても或は各試験の結果に於ても窒素肥料の施用量を増加すればする程比電氣傳導度の値は減少して居る。磷酸では大差ないが加里肥料に於ては其施用量を

増加するに従つてその増加に正比例的に滲透壓を増加する。即ち窒素の多用は葉の細胞汁液の電解質物の濃度を減少し加里の多用はその濃度を高むる物と見る事が出来る様である。

更に比電氣傳導度の氷點降下に對する比を求めて比較を試みた結果は總體の平均に於ては勿論其昭和三年以來年々の平均に於ても或は毎回の實驗結果に於ても窒素質肥料施用の増量は稻葉細胞汁液の電氣傳導後の氷點降下に對する比價を低下し加里施用の増量は之の比價を高上せしめむる結果となつた。此の稻葉汁液の電氣傳導度と氷點降下との比が Harris 氏等の言ふ如く稻葉細胞汁液中に於ける溶質の總量に對する電解質の量の比較的關係を表はす物と考へると窒素質肥料施用量の増加は稻汁液液中に於ける全溶質に對する電解質物の比較的量を減少し加里質肥料の増量は之が反對の結果を表す物の様である。

窒素肥料の過用が稻の稻熱病罹病性を増し加里肥料の施用増加が特に窒素の過用でない場合に就ては稻熱病の發生を抑止し得るといふ事實並に燐酸肥料の施用が稻熱病發生制止に大きな役割をなさざる事實と上の實驗結果と比較對照して考察すると頗る興味ある事實を見出し得る物である。

之を要するに稻葉細胞汁液中に電解質物の量の多い稻特に夫の全溶質に對する關係的量の多い稻或は少くとも斯かる狀態に生育せる稻は、然らざる物よりも稻熱病に對する抵抗性が強大である。之に反して此濃度の低き稻又は低くなる様な狀態に生育せる稻は稻熱病に罹病し易い物であると見る事が出来る。

稻葉細胞汁液の比電氣傳導度或は氷點降下によりて表はさるゝ滲透價は稻葉中に含有せらるゝ各種の物質の總和的量の關係のみを表はす物であるから著者は此總和の大小のみが稻熱病に對する稻の抵抗罹病を決定する物なりと斷定せん

とするのでは勿論ない。けれども少くとも比電氣傳導度或は之と氷點降下との比によつて表はし得る電解質物の關係的量の多少或は此等の價の多少を來すが如き稻の生育狀態の差は稻の稻熱病に對する抵抗又は罹病を定むべき一の因子であるといふ事は確かな事實であると云ひ得る。

一〇 摘 要

一、本報告は水稻の稻熱病罹病性と其の稻葉の細胞汁液の二三理化學的性質との關係を闡明せんとせる昭和三年以來の實驗結果である。

二、肥料要素の配合及び施用量を異にして栽培せる稻は稻熱病罹病の程度にも大差あるものであるが、斯くして栽培した稻の種々の生育時期に稻葉の細胞汁液を搾取し、其の水素イオン濃度、滲透價、比電氣傳導度及び比電氣傳導度と氷點降下との比を求めた。

三、稻葉細胞汁液の水素イオン濃度及び滲透價は窒素質肥料の増施によりて僅かに其の價を高めるものではあつたが、其程度は極く輕微で施用せる肥料要素の種類及び用量によりて殆んど大差がないと見るべきであつた。従つてその水素イオン濃度及び滲透價は稻の稻熱病罹病性とは大なる關係がないものゝ様である。

四、稻葉細胞汁液の比電氣傳導度及び之と氷點降下數との比は、共に窒素質肥料の増施と反比例的に其の價を減少し、加里質肥料の増施に略ぼ比例して増加した。此の價は磷酸の施用には判然たる影響を受けないものゝ様であつた。

五、従つて稻の稻熱病に對する耐病又は罹病は、稻葉細胞汁液の水素イオン濃度或は滲透壓とは殆んど關係なき物で

あるが、その比電氣傳導度或は之と氷點降下度との比には稍判然たる關係が存在する。而して其罹病の程度は其比電氣傳導度或は之と氷點降下度との比價の減少に反比例的に罹病性は高まるものである。

引用文獻

- ト藏梅之飯(三三〇) 病蟲害雜誌 一・二八—二三三、一九三二〇四、二四九—二五八 (三三〇) 同上 二・八八九—九六六
- Dastur, R. H. & Baptista, E. (1931) Indian Journal of Agric. Science, 1: 166—88.
- Dixon, H. H. & Atkins, W. R. G. (1910) Sci. Proc. Roy. Dublin Soc., n. s. 7: 25
- 榎本中衛(三三〇) 日本作物學會紀事 一・一七一—一三三
- Gassner, G. & Goeze, G. (1932) Phytopath. Zeitschr. 4: 357—413.
- Harris, J. A., Lawrence, Z. A., Hoffman, W. F., Lawrence, J. W. & Valentine, A. T. (1931) Jour. Agr. Research, 37: 5: 361—377.
- Harris, J. A., Gortner, R. A., Hoffman, W. F., Lawrence, J. V. & Valentine, A. T. (1931) Jour. Agric. Research, 27: 12: 828
- 934.

- 逸見武雄(三三〇) 農業及園藝 四・二〇・二四三—二五四
- 平山重勝(三三〇) 植物病害研究 一・三二—二七、二七—三三
- 蛭子浩一、渡邊保治(三三〇) 農業及園藝 九・一〇・二七五—二八〇
- 堀止太郎(三三〇) 農商務省農事試驗場特別報告 一・一一—三六
- 錦方末彦、松浦義、田口重良(三三〇) 農林省農事改良資料 二・〇・一一四〇、岡山農試農事試驗成績 五二・一一四〇
- 池田 實(三三〇) 鳥取農學會報 四・二六五—二七〇
- 今關常次郎(三三〇) 土壤肥料新報 一四九—一五七、八一〇、四一五、三一五、三一五、三一五、四一六、四一七、四一九

- 板野新夫、細田喜(一九二六) 大原農業研究所報告 三・一九三二〇一、二〇三一二四
- 伊藤誠哉、林 彦一(一九二二) 札幌農林學會報 二二・四六〇—一
- 伊藤誠哉、栗林數衛(一九三二) 農林省農事改良資料 三〇・一一八一
- 川上通彌(一九二二) 札幌農學會報 二・一四七、三・一一三
- Kundson, L. & Ginsburg, S. (1921) Amer. Jour. Bot. 8 : 161—170.
- 栗林數衛(一九三二) 病蟲害雜誌 二〇・三五六—六八、四五二—六
- Martin, J. H., Harris, J. A. & Jones, I. D. (1931) Jour. Agr. Research, 23 : 2 ; 57—67.
- 松本 總(一九二六) 病蟲害雜誌 三・八五四—七
- 三橋八次郎(一九三二) 土壤肥料新報 二六・四—五、農藝研究 七・二七—四、三〇—一四、三七七—八〇、四二六—九、八・三一四、五一—四
- 三宅康次、足立 仁(一九二二) Jour. Biochemistry, 1 : 2 : 221—23, 241—7.
- 宮崎勝雄(一九二六) 農業及園藝 三・七七五—四一六四
- 西門義一(一九二六 a) 病園害蟲彙報 一五・一一二—一 (一九二六 b) 農學研究 九・五〇—一二二
- 小野寺二郎、高崎達藏(一九三〇) 作物學雜誌 三・二四—二五二
- 佐藤健吉(一九二五) 九州帝大學藝雜誌 一・五・二四七—六五
- Schreiner, O. & Skinner, J. J. (1913) Bot. Gaz. 59 : 1—27.
- 鹽谷惣次(一九三二) 農業及園藝 七・六〇—一一二四
- 曾我慶英(一九二六) 病蟲害雜誌 五・二二〇—四
- Walter, H. (1931) Abderhalden, Arbeitsmethoden, Abt. M, Teil 4, 373—371.
- Wiley, Harvey W. etc. (1927) Official and tentative methods of analysis of the association of official agricultural chemists.